



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC
TECHNOLOGY

ZHOTOVENÍ DRUHÉ VODIVÉ VRSTVY NA JEDNOVRSTVÉ DPS

SINGLE-LAYER PCB AND ADDITIONAL CONDUCTIVE LAYER REALISATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAROSLAV HLADÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STARÝ, Ph.D.

BRNO 2008

MÍSTO TOHOTO LISTU JE V PRÁCI VLOŽENO ZADÁNÍ

Licenční smlouva poskytovaná k výkonu práva užít školní dílo

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Jaroslav Hladík
Bytem: Vysoké Mýto, Domoradice 78, 566 01
Narozen/a (datum a místo): 27. 2. 1984, Hradec Králové

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
Prof. Ing. Radimír Vrba, CSc.
(dále jen „nabyvatel“)

Článek 1 Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
- ☐ disertační práce
 - ☐ diplomová práce
 - ☒ bakalářská práce
- jiná práce, jejíž druh je specifikován jako.....
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Zhotovení druhé vodivé vrstvy na jednovrstvé DPS
Vedoucí/školicel VŠKP: Ing. Jiří Starý, Ph.D.
Ústav: Ústav elektrotechnologie
Datum obhajoby VŠKP: 11. 6 2008

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě – počet exemplářů 1
- ☒ elektronické formě – počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti

- ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy
- (z důvodu utajení v něm obsažených informací)

4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 29. 5. 2008

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt:

Předkládaná práce se zabývá problémy zhotovení druhé vodivé vrstvy na jednovrstvé desce plošných spojů, vlastnostmi základních materiálů pro výrobu desek plošných spojů a jejich materiálovými kombinacemi. Základním zaměřením práce je doporučení materiálových kombinací při výrobě desek plošných spojů. Součástí práce jsou technologické zkoušky dle doporučených norem a jejich vyhodnocení.

Abstract:

This bachelor's thesis deals with problems following the fabrication of the second conductive layer on a one-sided printed circuit board. Also, properties of basic materials for a printed circuitboard fabrication and combinations of basic materials are discussed. Moreover, technological tests and their evaluation made according to recommended norms are content of this thesis.

Klíčová slova:

FR-4, IMS, deska s plošnými spoji, sítotisk, zkoušky kompatibility, vodivá pasta.

Keywords:

FR- 4, IMS, printed circuit board, serigraphy, examination kompatibility, conductive past.

Bibliografická citace díla:

HLADÍK, J. *Zhotovení druhé vodivé vrstvy na jednovrstvé DPS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Starý, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 29. 5. 2008

.....

Poděkování:

Děkuji vedoucímu Bakalářské práce Ing. Jiřímu Starému, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Také děkuji Ing. Zdeně Rozsivalové za odborné vedení celým bakalářským studiem. Dále pak děkuji rodičům za materiální podporu při mém mnohaletém studiu.

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Autor: Jaroslav Hladík

Název závěrečné práce: Zhotovení druhé vodivé vrstvy na jednovrstvé DPS

Název závěrečné práce ENG: Single-layer PCB and additional conductive layer realisation

Anotace závěrečné práce: Předkládaná práce se zabývá problémy zhotovení druhé vodivé vrstvy na jednovrstvé desce plošných spojů, vlastnostmi základních materiálů pro výrobu desek plošných spojů a jejich materiálovými kombinacemi. Základním zaměřením práce je doporučení materiálových kombinací při výrobě desek plošných spojů. Součástí práce jsou technologické zkoušky dle doporučených norem a jejich vyhodnocení.

Anotace závěrečné práce ENG: This bachelor's thesis deals with problems following the fabrication of the second conductive layer on a one-sided printed circuit board. Also, properties of basic materials for a printed circuitboard fabrication and combinations of basic materials are discussed. Moreover, technological tests and their evaluation made according to recommended norms are content of this thesis.

Klíčová slova: FR-4, IMS, deska s plošnými spoji, sítotisk, zkoušky kompatibility, vodivá pasta.

Klíčová slova ENG: FR- 4, IMS, printed circuit board, serigraphy, examination kompatibility, conductive past.

Typ závěrečné práce: bakalářská práce

Datový formát elektronické verze: pdf

Jazyk závěrečné práce: čeština

Přidělovaný titul: Bc.

Vedoucí závěrečné práce: Ing. Jiří Starý, Ph.D.

Škola: Vysoké učení technické v Brně

Fakulta: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav / ateliér: Ústav elektrotechnologie

Studijní program: Elektrotechnika, elektronika, komunikační a řídicí technika

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Studijní obor: Mikroelektronika a technologie

Obsah

1. Úvod.....	13
2. Technologie „ Bridge Over “.....	14
2.1 Použití ve výrobě	15
2.2 Srovnání vodivých past.....	15
3. Desky s pološnými spoji.....	16
3.1 Základní materiály	16
3.2 Výroba jednovrstvých DPS	21
4. Vodivé inkousty	23
4.1 Složení vodivých inkoustů	23
4.2 Oblasti použití vodivých inkoustů.....	24
4.3 Pokovení otvorů DPS vodivým inkoustem	24
4.4 Volba vhodného inkoustu	25
4.5 Nanášení vodivých inkoustů	26
4.6 Vytvrzování vodivých inkoustů.....	26
4.7 Metoda šablonového tisku	26
4.8 Metoda sítotisku	27
5. Materiály použité pro technologické zkoušky	28
5.1 Materiál nepájivé masky Imagecure® XV501T-4.....	28
5.2 Nízkoodporová karbonová vodivá pasta XZ302-1	28
6. Zkoušky kompatibility	29
6.1 Zkoušení kompatibility základního materiálu s vodivou pastou	30
6.2 Zkušební DPS	30
6.3 Optická zkouška	32
6.4 Zkouška elektrických vlastností	34
6.5 Zkouška povrchové tvrdosti	38
6.6 Zkouška tepelným namáháním.....	38
6.7 Zkouška působení demineralizované vody.....	39
6.8 Změna odporu při zasychání	40
6.9 Vady způsobené nekvalitním tiskem	40
6.10 Zkouška pájitelnosti	41
7. Závěr.....	42
8. Použitá literatura	43

9. Seznam zkratek	44
10. Přílohy	45

Seznam obrázků

Obr. 1 Postup výroby „Bridge Over“	14
Obr. 2 Struktura materiálu CEM – 1	17
Obr. 3 Struktura materiálu IMS.....	18
Obr. 4 Odolnost základních materiálů v pájecí lázni 260°C	20
Obr. 5 Porovnání navlhavosti základních materiálů	20
Obr. 7 Zkušební obrazec (pozitivní návrh)	31
Obr. 8 Nepajivá maska (pozitivní návrh)	31
Obr. 9 Vodivé propojky (negativní návrh).....	32
Obr. 10 Ucpávání propoje 0,2 mm v sítu.....	33
Obr. 11 Propojka 0,5 mm	33
Obr. 12 Průběh změny odporu při zasychání pasty	40
Obr. 13 Chybný tisk karbonové pasty	41
Obr. 14 Ucpaná oka síta	41

Seznam tabulek

Tab. 1 Vlastnosti základních materiálů.....	20
Tab. 2 Přehled odporů jednotlivých propojek	35
Tab. 3 Vypočtené hodnoty odporu na čtverec.....	37
Tab. 4 Průměrné hodnoty	38
Tab. 5 Zkouška tepelným namáháním	39

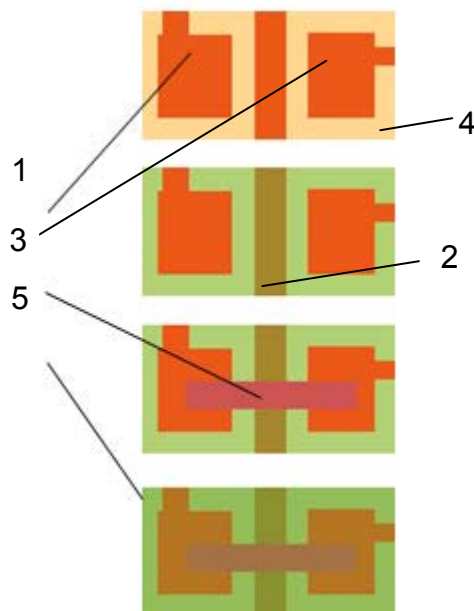
1.Úvod

S deskami plošných spojů se setkáváme prakticky na každém kroku a jsou i na takových místech, kde by je lidé běžně nehledaly. Jsou vyráběny v mnoha tvarech a počtu vodivých vrstev. Při výrobě DPS (desky plošných spojů) se používají buď jednovrstvé DPS, dvouvrstvé DPS nebo vícevrstvé DPS. Z technologického i finančního hlediska je nejjednodušší vyrobit jednovrstvou DPS, ale u složitějších DPS nastává problém s uspořádáním vodičů – vodiče je potřeba křížit a tento problém řeší dvou a vícevrstvé DPS – měděná cesta z jedné strany spoje přejde přes „via“ otvor na jinou vrstvu, po které už může být vodivá cesta vedena požadovaným směrem. Ve většině případů se pro tyto účely používají právě dvou a vícevrstvé DPS – dvou a vícevrstvé DPS v tomto případě znamená oddělení jednotlivých vrstev materiálem, který slouží jako základní materiál, na němž je nalisovaná měď. Při požadavku druhé vrstvy se používá ještě jedna méně známá technika, která je nazývána jako „Bridge over“. Hlavní rozdíl je v tom, že jako oddělovací vrstva zde není použit podkladový materiál, ale nepájivá maska nebo materiál podobných vlastností. Při výrobě tak úplně odpadá vytváření otvorů „via“.

2. Technologie „Bridge Over“

Na obrázku 1 bude vysvětlen postup výroby této technologie.

- 1 – měděné kontakty, které je potřeba propojit
- 2 – vodivá cesta, která je třeba překřížit
- 3 – vodivá propojka mezi měděnými kontakty
- 4 – podkladová vrstva (např. FR-2 nebo jiná)
- 5 – nepájivá maska



Obr. 1 Postup výroby „Bridge Over“

1. Vytvoření jednovrstvé DPS běžným způsobem, jako nanesení rezistu, osvětlení a odleptání přebytečné mědi.
2. Kompletní pokrytí vyleptané desky nepájivou maskou (či jiného materiálu sloužící jako oddělovací vrstva) s výjimkou kontaktů, na které se budou pájet součástky, nebo které bude nutno vodivě propojit. Na tuto vrstvu jsou kladeny požadavky jako velmi malé ϵ_r kvůli kapacitnímu ovlivňování sousedních vrstev, nenasákavost a časová stálost.
3. Nanesení „druhé vrstvy“ – může být prováděno dispenzí, tiskem přes šablonu nebo sítotiskem, záleží na použité technologii. Nanesenou vrstvu je nutné nechat vytvrdit, nejčastěji se vytvrzuje teplem. Vodivá pasta musí mít vhodné vlastnosti – nesmí žádným způsobem narušovat vrstvu pod ní (nepájivou masku) a musí mít velmi dobrou elektrickou vodivost. Používá se grafitová nebo stříbrná pasta.
4. Nanesení ochranné vrstvy – opět se používá nepájivá maska k ochraně nově vytvořených vodičů a následně může být proveden servisní potisk.

2.1 Použití ve výrobě

Tato metoda je úspornější z hlediska materiálu (nejsou potřeba desky, které mají naplátovanou měď z obou stran a pro desku osazenou SMD součástkami není potřeba DPS vrtat a prokovovat). Negativem této metody je vyšší odpor propojů. Dále pak malá tloušťka izolantu mezi vodivými cestami, což může při vysokých frekvencích způsobovat negativní ovlivňování signálu. Proces výroby je složitější než u obyčejných dvouvrstevných DPS, jelikož se prodlužuje doba výroby kvůli nutnosti nechat zasychat jednotlivé vrstvy (masky).

Teoreticky by tímto procesem mohli být realizovány i vícevrstvé desky, nastává však problém při realizaci více vrstev se zapájením SMD součástek, jelikož tělo součástky by leželo na vrstvě (popř. několika vrstvách) nepájivé masky či vodivé cesty a mohly by nastat problémy se zapájením (kovové kontakty by neležely na měděných ploškách DPS).

Tato metoda je nejčastěji používána s materiály FR-2, FR-4, CEM-1 a IMS.

2.2 Srovnání vodivých past

Stříbrná pasta

- obsah stříbra 50% – 90% stříbra v pastě
- lepší vodivost, řádově je v $\text{m}\Omega/\text{cm}^2$ (např. $0,01 \Omega/\text{cm}^2$)
- větší mechanická odolnost

Uhlíková pasta

- horší vodivost, řádově je v Ω/cm^2 (např. $13 \Omega/\text{cm}^2$ – $20 \Omega/\text{cm}^2$)
- vyšší chemická a teplotní stálost
- lepší adheze k povrchu
- může být použita jako krycí vrstva stříbrné pasty

3. Desky s pološnými spoji

3.1 Základní materiály

Základní materiály jsou to elektroizolační nosné podložky. Používají se jako podklad k zhotovení vodivého motivu, slouží k montáži elektronických součástek a mechanických prvků. Jsou na organické, anorganické, příp. kombinované bázi (organický substrát s kovovým výztužným jádrem). Jako nepoužívanější základní materiály jsou FR-2, FR-3, CEM-1, FR-4 a IMS.

3.1.1 Materiál kategorie FR – 2

Nosným materiálem je několik vrstev celulóзовého papíru spojeného fenolickou pryskyřicí, plátovaný elektrolyticky vyloučenou mědí. Lze dobře mechanicky opracovávat drážkováním, stříháním i lisováním. Není vhodný do vyšších teplot, nelze aplikovat HAL, je nevhodný pro pokovování otvorů, obsahuje toxické látky.

Používá se pro méně náročné aplikace /spotřební elektronika/:

- zejména jednovrstvé DPS, dvouvrstvé DPS s pokovením otvorů na bázi stříbrných past
- dobře se vrtá a opracovává
- nevýhodou je velká navlhavost a malá odolnost vůči elektrickému oblouku, malá pevnost měděné fólie v odtrhu, horší teplotní odolnost a mechanické vlastnosti, křehkost u materiálů s větším obsahem pryskyřice
- nehořlavý (Flame Retardant)

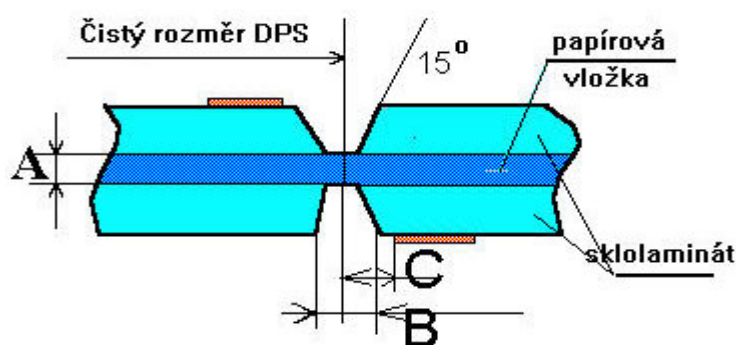
3.1.2 Materiál kategorie FR - 3

Nosným materiálem je několik vrstev celulózového papíru spojeného epoxidovou pryskyřicí, plátovaný elektrolyticky vyloučenou mědí. Lze dobře opracovávat, je vhodný pro použití do teplot 90 °C, je nevhodný na pokovování otvorů. Doporučujeme k použití na jednostranné DPS.

- nahrazuje materiál FR-2 v náročnějších aplikacích
- oproti FR-2 má lepší mechanické, elektrické i tepelné vlastnosti, vyšší pevnost v odtrhu měděné fólie a menší navlhavost

3.1.3 Materiál kategorie CEM - 1

Nosný materiál je konstruován kombinací celulózového papíru spojeného epoxidovou pryskyřicí pro vnitřní vrstvy a nalaminovanou vrstvou vyztužující skelné rohože pro vnější vrstvy, na které je plátována elektrolyticky vyloučená měď. Struktura materiálu je znázorněna na obrázku 2. Má zvýšenou mechanickou odolnost, povinnost, rozměrovou stabilitu, odolnost proti tepelnému rázu při pájení a zvýšenou odolnost vůči klimatickým podmínkám. Na rozdíl od FR-4 vykazuje při lisování menší opotřebení nástroje. Drážkované DPS lze snadno dělit, možno aplikovat HAL, není vhodný na pokovení otvorů.



Obr. 2 Struktura materiálu CEM – 1 [5]

A – tloušťka propojení 0,30 mm + 0,20 mm – 0,10 mm

B – šířka drážky 0,80 mm

C – vzdálenost motivu od kraje DPS je min. 0,50 mm

Materiál CEM – 1 je vhodný pro dělení drážkováním. Jeho jádro tvoří papírová vložka, která se snadno po drážkování dělí. Vlastnosti sklolaminátu jsou shodné s materiálem FR – 4.

3.1.4 Materiál kategorie FR - 4

Nosným materiálem je několik vrstev skelné tkaniny spojené epoxidovou pryskyřicí plátované elektrolyticky vyloučenou mědí. Je vhodný pro obrysové frézování, mechanicky odolný, má vysokou ohybovou pevnost, rozměrovou stabilitu, tepelnou odolnost do 130 °C, lze aplikovat HAL, je určen pro pokovení otvorů. Je vhodný na nejnáročnější aplikace DPS. Impregnované skelné tkaniny jsou skládány do vrstev a laminovány s měděnou fólií. Epoxidová pryskyřice je vytvrzena během laminace působením tepla, tlaku a vlivem katalyzátoru ve složení pryskyřice. Laminace probíhá ve vakuu.

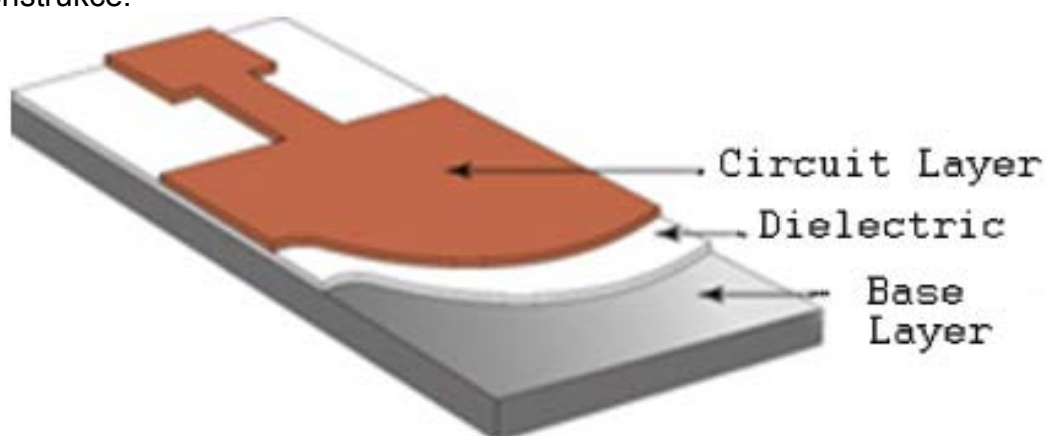
Výhody: výborné mechanické a elektrické vlastnosti, vyšší teplotní odolnost, malá nasákavost, rozsáhlé použití, zvláště tam, kde nevyhovuje FR-2 a FR-3. Použití zejména v měřicí a regulační technice.

Nevýhody: horší mechanické opracování, cena je dvakrát vyšší než u FR-2

3.1.5 Materiál IMS

Izolovaný kovový substrát (Insulated **M**etallic **S**ubstrate)

Konstrukce:



Obr. 3 Struktura materiálu IMS

Base Layer – základní materiál, používá se hlavně hliník, slouží pro odvod tepla

Dielektrická vrstva – dielektrický materiál s nízkým tepelným odporem

Circuit Layer – plátovaná měď (tloušťka mědi 35 μm, 70 μm)

Aplikace

- výkonové usměrňovače
- řízení motorů
- LED
- Relé
- Odvod tepla

Výhody

- nižší provozní teplota
- dobré tepelné a mechanické vlastnosti
- může se používat technologie povrchové montáže
- lepší odvod tepla od součástek
- můžou se kombinovat řídicí a kontrolní obvody

Složení - základní materiál (hliník), na něm izolační vrstva a nalaminovaná měď

Tloušťka plátované mědi - 35 μm , 70 μm , 105 μm až 210 μm

Tloušťka izolační vrstvy - 75 μm , 100 μm až 150 μm

Tepelná vodivost - (1 – 3) $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Tloušťka jádra - 1,0 mm, 1,5 mm, 2,0 mm, 3,0 mm

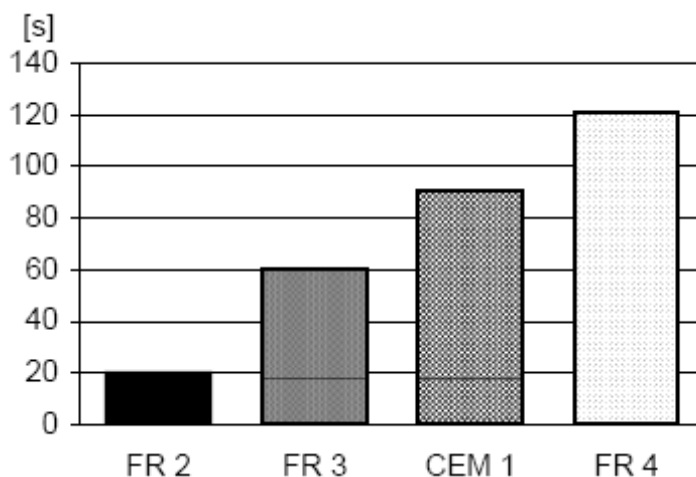
Povrchová úprava - HAL, OSP

3.1.6 Porovnání vlastností popsaných materiálů

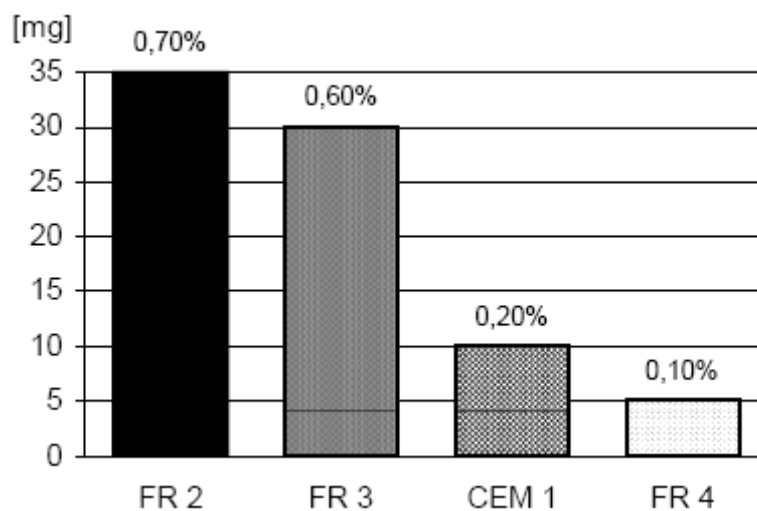
Tab. 1 Vlastnosti základních materiálů

MATERIÁL		FR-2	FR-3	CEM-1	FR-4
Vlastnosti					
Povrchový izolační odpor	ohm	$1 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{11}$	$4 \cdot 10^{12}$
Vnitřní izolační odpor	ohm.cm	$2 \cdot 10^{12}$	$4 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{13}$	$8 \cdot 10^{14}$
Permitivita (1 MHz)	-	4,7	4,9	4,7	4,7
Ztrátový činitel (1 MHz)	-	0,047	0,041	0,031	0,019
Teplota skel. přechodu Tg	°C	105	110	130	130
TCE xy/z (pro T menší Tg)	ppm K ⁻¹	18/300	18/300	13/230	13/60
Cenový faktor (FR4=1)		0,5	0,65	0,85	1

Vlastnosti nejpoužívanějších základních materiálů [1]



Obr. 4 Odolnost základních materiálů v pájecí lázni 260°C [1]



Obr. 5 Porovnání navlhavosti základních materiálů [1]

3.2 Výroba jednovrstvých DPS

Technologický postup závisí na technologii výroby, výrobních zvyklostech a používaných materiálech. Kritériem je zejména cena a požadavkem vyhovující kvalita. Do výrobního procesu vstupuje jednostranně plátovaný materiál a data z návrhového systému. Podklady pro vrtání otvorů a filmové předlohy (vodivý motiv, nepájivá maska, servisní potisk).

3.2.1 Popis jednotlivých operací při výrobě jednovrstvé DPS

3.2.1.1 Dělení materiálu

Stříhání:

- dělení základních rozměrů se provádí elektrickými, nebo optickými nůžkami a to až po dokončení všech technologických operacích

Drážkování:

- úhel drážkování 30° - 45°, hloubka drážkování min. 0,1 mm, neprofrézovaná tloušťka jádra 0,45 mm +/- 0,1 mm

Vrtání otvorů:

- NC vrtačky s několika vřeteny, uloženými na vzduchových ložiskách, 5 až 80 tisíc otáček/min,
- posuv x, y, z, data přímo z návrhového systému

3.2.2.2 Fotolitografické operace

Laminace fotorezistu, nebo tuhé nepájivé masky.

Hlavní parametry:

- teplota předehřevu a laminačního procesu
- rychlost posuvu
- přítlak
- nutná je nízká prašnost a žluté osvětlení

Expozice

Přenesení obrazu vodičů, pájecích plošek a testovacích bodů z filmové matrice na světlocitlivou vrstvu (negativní nebo pozitivní), která je s ní v kontaktu.

Vyvolání

- negativně pracující fotorezist, dojde k odstranění fotorezistu z oblastí nevystavených účinkům světelné energie
- pozitivně pracující fotorezist (jen tekutý) - odstranění z osvětlených míst
- průběžné vyvolávací zařízení s oboustranným ostřikem, pro malé série lze použít zásobníkové systémy, jako vyvolávací roztok se používá 1 % roztok uhličitanu sodného ve vodě s pracovní teplotou 30 °C - 35 °C.

Servisní potisk

Nanáší se na nepájivou masku. Slouží k natisknutí obrysu osazovaných součástek, jejich polarity i kódování dle rozpisky. Dále označuje testovací a napájecí body.

Nanáší se přes síto s motivem nebo se zhotovuje fotoprocесem (pro malé série a prototypy).

Povrchová úprava mědi

Úprava měděného povrchu nechráněného nepájivou maskou zajišťuje ochranu před oxidací, dlouhou dobu skladovatelnosti a dobrou pájitelnost povrchu. Typ povrchové úpravy musí respektovat požadavky na následnou montáž a výraznou měrou ovlivňuje spolehlivost pájených spojů.

Druhy:

- HAL - (Hot Air Levelling) - žárově se nanáší vrstva bezolovnaté pájky případně olovnaté pájky, nedostatečná rovinnost pájecích ploch krytých pájkou
- SSD – (Solid Solder Deposition) - metoda vytvoření rovného povrchu DPS krytého pájkou. V montážním procesu se osazují součástky do tavidla a pájí se přetavením. Eliminují se problémy dané špatným tiskem pájecí pasty.
- OSP (Organic Surface Protectives) - chemická metoda nanášení organických inhibitorů oxidace mědi na odhalený měděný povrch DPS

4. Vodivé inkousty

4.1 Složení vodivých inkoustů

Vodivé inkousty se skládají z částeczek pojiva a částeczek pro vedení elektrického proudu. Jako nejčastěji používané elektrovedné částěčky se používají částěčky stříbra, niklu, mědi a uhlíku. Pojivem bývá termoplast nebo termoset. Nevýhodou inkoustů s termoplastickým pojivem je doba tuhnutí v důsledku odpařování a to přibližně do jedné minuty. Tento inkoust tvrdne v důsledku vystavení vzdušné atmosféry. To způsobuje ve výrobě často velké problémy. Oproti tomu vysoce kvalitní inkousty, ve kterých jsou použity termosety, lze také vytvrdit během několika minut. Výhoda spočívá v tom, že začít lze vytvrzování ve vhodnou dobu až po nanesení celého motivu prostřednictvím tepelné polymerace.

4.2 Oblasti použití vodivých inkoustů

Vodivé inkousty se dají použít především ve výrobě desek s plošnými spoji technologií zvodnění otvorů a zhotovování propojek na nepájivé masce, technologie („Bridge over“). Vodivých inkoustů se využívá k vytvoření tzv. třetí stínící vrstvy u dvouvrstevných DPS, která se nanáší na nepájivou masku. Dále se pak vodivé inkousty využívají jako antistatická úprava, nebo pro vytvoření kontaktních ploch. Vytvářejí se pomocí nich také spojovací motivy LCD displejů. Velká oblast využitelnosti je také na flexibilních plošných spojích, jejich největší výhodou je pružnost a možnost aditivního zpracování. Vodivé inkousty dají se použít i ke kreslení topných spirál na sklo, nebo jejich opravách.

4.3 Pokovení otvorů DPS vodivým inkoustem

Při výrobě vícevrstevných DPS je třeba vždy provést zvodnění jednotlivých otvorů propojující jednotlivé vrstvy. Pro zvodnění povrchu uvnitř otvoru se používá technologie přímého pokovení. Tento způsob je poměrně náročný, ale je ho možné zautomatizovat.

Technologický postup výroby je následující:

- mechanické čištění
- alkalické odmašťování
- oplach
- mikrozaleptání
- oplach
- předoplach HCL
- nanesení katalyzátoru
- oplach
- nanesení aktivátoru
- oplach
- mikrozaleptání
- galvanické poměření

Pro menší série je vhodnější použití vodivých inkoustů. Z důvodu menšího počtu operací při zhotovení vodivých propojů.

Technologický postup výroby je následující:

- mechanické a chemické čištění
- tisk pasty do otvorů
- odstranění přebytku pasty
- vytvrzení
- kartáčování
- galvanické pokovení

Rozhodneme-li se pro použití tohoto technologického postupu, musíme dbát některých zásad:

- vodivý inkoust by měl otvor vyplnit bez bublin a dutin
- množství inkoustu by mělo být z obou stran přibližně stejné

je vhodné použít stěrku s tvrdostí 60 Shore - 70 Shore. Před zahnutou stěrkou je preferovaná stěrka pod úhlem 45°, její vlastnosti se vyznačují lepší kontrolovatelností naneseného množství.

4.4 Volba vhodného inkoustu

Tato část je nejdůležitější, velmi často rozhoduje o úspěšnosti aplikace. Na trhu je velké množství výrobců zabývajících se výrobou vodivých past a inkoustů. Každý z nich navíc nabízí několik inkoustů i past. Některé firmy zabývajících se výrobou vodivých flexibilních plošných spojů si dokonce vyvíjejí a vyrábějí své vlastní vodivé inkousty a pasty. Velkou výhodou je potom možnost testování daného výrobku přímo ve výrobě pro určité aplikace.

Jednotlivé inkousty a pasty se liší svou vodivostí, mechanickými vlastnostmi (pevnost v ohybu, otěruvzdornost, velikost adheze k základnímu materiálu atd.), odolností vůči tepelným a chemickým vlivům i dobrou skladovatelností.

4.5 Nanášení vodivých inkoustů

V průmyslové výrobě se z pravidla používá sítotisk nebo šablonový tisk. Pro tisknutí se využívá standardního zařízení pro sítotisk. Z toho plynou výhody jaké má sítotisková technologie (velká reprodukovatelnost, vysoká rychlost tisku).

V kusové a amatérské výrobě je možné použít trubičkového pera nebo jednoduše nanést inkoust štětečkem. Pro obě metody je důležitá vysoká řídlost inkoustu. Nejsou vhodné pro větší série (nepřesnost výroby, časová náročnost).

4.6 Vytvrzování vodivých inkoustů

Vytvrzením nanesené vrstvy inkoustu dosáhneme její velké tvrdosti. Podle použitého inkoustu, typicky 3 H - 4 H. K vytvrzení běžných vodivých inkoustů se používá teplota 120 °C – 160 °C po dobu 5 min. - 45 min., v závislosti na typu použitého inkoustu.

Hodnoty teplot a časů udává výrobce v dokumentaci ke svému produktu, hodnoty se podle výrobce a typu inkoustu někdy velmi liší.

4.7 Metoda šablonového tisku

Pro šablonový tisk se používají stejná technologická zařízení jako pro sítotisk. V rámu je upnuta kovová fólie s motivem pro požadovaný tisk materiálu. Tloušťka natisknuté pasty (lepidla aj.) v mokrému stavu je stejná jako tloušťka šablony.

Šablony:

Pro spolehlivý proces tisku je nezbytná kvalitní šablona, kterou ovlivňuje:

- druh a tloušťka materiálu
- druh předlohy
- technologie výroby

Pro šablony zhotovované laserem nebo leptáním se používají fólie a plechy v tloušťkách 0,075 mm - 0,5 mm z nerez oceli, bronzu, niklové mosazi. Pro aditivní proces se používá galvanický nikl. Vrtané šablony se zhotovují z plastu.

Nejpoužívanější technologie zhotovení šablon leptané šablony (tloušťky až 0,5 mm). Z důvodu snadného leptání se používají zejména slitiny mědi. Pro tloušťky menší než 0,15 mm se preferuje niklová mosaz a nerez ocel.

4.8 Metoda sítotisku

Pájecí pasta, lepidlo i další materiály jsou protlačovány těrkou prázdnými oky v sítu s motivem.

Síto se skládá z rámu a síťoviny. Síťovina se napíná do rámu zpravidla pod úhlem 7° - 45°.

Materiál sít

polyester (PES), nylon (PA), nerez ocel. Preferuje se především PES z důvodu nízké ceny, nevýhodou však je menší možné napnutí síta v rámu, což vede k vyšší vzdálenosti síta od DPS a tím i k horšímu soutisku než např. u nerez síta. Další výhodou nerez síta je jeho větší mechanická odolnost a možnost tisku vodivých inkoustů. Nylon se v elektrotechnice nepoužívá z důvodu horší chemické i mechanické odolnost.

Nevýhody tisku přes síto:

- horší soutisk, horší obrysová ostrost natisknuté vrstvy
- větší opotřebení i možnost poškození síta a tím menší životnost síta
- problematický tisk past s vyšší viskozitou

Přednosti šablon:

- vyšší životnost
- lepší soutisk
- tisk jemnějších motivů

5. Materiály použité pro technologické zkoušky

Jako podkladový materiál je volen FR-2 a FR-4. Jako materiál nepájivé masky jsme volili Imagecure® XV501T-4. Pro tvorbu vodivé vrstvy byla vybrána nízkoodporová karbonová vodivá pasta XZ302-1 a vysoce vodivá stříbrná barva COATES XZ250.

5.1 Materiál nepájivé masky Imagecure® XV501T-4

-je sítotisková teplem vytvrzovaná, tekutá, dvousložková světlocitlivá nepájivá maska, která schne odpařováním a vytváří vrstvu lesklého povrchu, vyvolávanou ve vodném roztoku. Požadovanou barvu a povrch lze dosáhnout smícháním lesklého, polomatného, matného nebo extra matného základu se zeleným, žlutozeleným nebo tmavo zeleným katalyzátorem.

Nepájivá maska je vyráběná firmou Coates. Další potřené informace jsou uvedeny v technických listech, které jsou obsaženy v příloze.

5.2 Nízkoodporová karbonová vodivá pasta XZ302-1

- vodivá pasta COATES XZ302-1 je formulována jako sítotiskem nanášený vodivý povlak pro tisk na měděných plochách, jako náhrada za drahý proces zlacení kontaktů a konektorů. Pasta XZ302-1 má dobrou vodivost a lze ji použít pro tisk propojek na DPS místo pájených drátěných propojek.

Pasta XZ302-1 byla vyvinuta tak, aby dosáhla typického přechodového odporu < 100 Ohm na čtverec, specifikovaného pro obvody spínané tlačítkem s grafitovou kapslí, s životností až 1 milion cyklů.

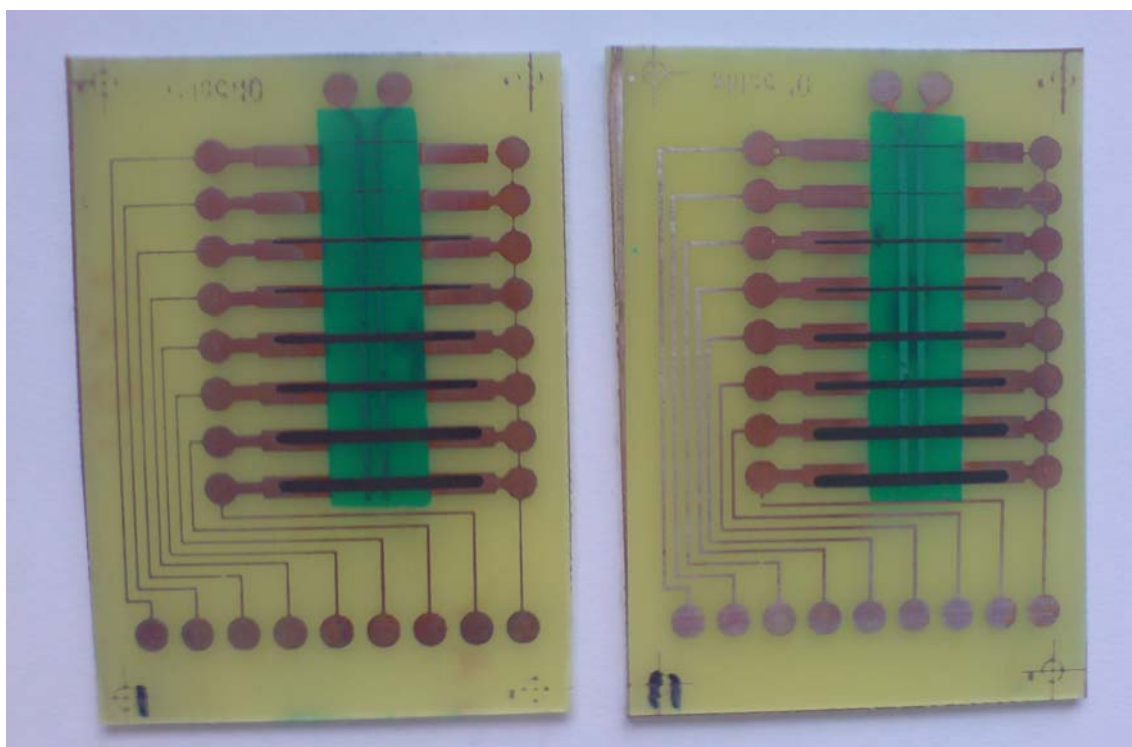
Vodivá pasta XZ302-1 vytváří tvrdý odolný film, který lze aplikovat na různé typy podkladů a který je kompatibilní s odstranitelným rezistem jako COATES XZ93-S.

Vodivá pasta XZ302-1 je k dispozici v řadě modifikací hustot, aby byly pokryty požadavky širokého spektra aplikací.

Nízkoodporová karbonová vodivá pasta XZ302-1 je vyráběná firmou Coates. Další potřebné informace jsou uvedeny v technických listech, které jsou obsaženy v příloze.

6. Zkoušky kompatibility

Zkoušky byly provedeny pro získání hodnot, nutných k posouzení základních vlastností DPS vyrobených technologií „Bridge Over“. Tyto údaje by měly být dostatečné k posouzení možnosti praktického využití technologie „Bridge Over“ ve školní laboratoři. Při volbě zkoušek jsem se inspiroval českou normou ČSN EN 61189-3: Zkušební metody pro elektrotechnické materiály, propojovací struktury a sestavy. Zkušební obrazec použitý pro technologické zkoušky je na obrázku 6.



Obr. 6 Zkušební obrazec

6.1 Zkoušení kompatibility základního materiálu s vodivou pastou

Při testování kompatibility vodivého inkoustu se základním materiálem je třeba uvážit, k jakému účelu bude výrobek využit a za jakých podmínek by měl fungovat např. kolísání teploty, vlhké prostředí atd. Podle toho musí být provedeny i jednotlivé zkoušky.

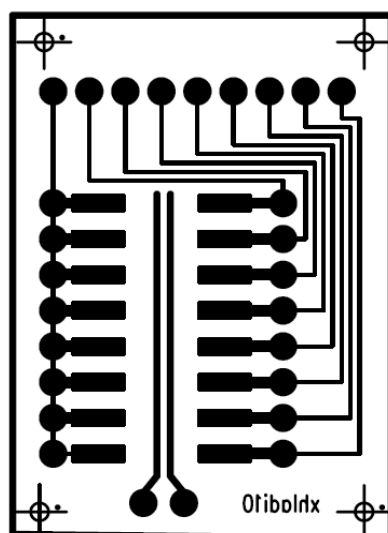
Prvním krokem při testování kompatibility vodivé pasty se základním materiálem je pokus nanesení vodivé pasty. Způsob nanesení ovlivní i výsledek testu. Základní materiál musí být zbaven veškerých nečistot. Případné nečistoty by ovlivnily i výsledek celého testu.

Při tisku přes síto se podařilo natisknout většinu vzorků, největší problémy byly s tiskem propojky 0,2 mm. Síto se při tisku této propojky zanášelo a bylo nutné ho po každém tisku vyčistit.

6.2 Zkušební DPS

K následujícím testům jsem navrhl jednoduchý zkušební motiv, jako základní materiál jsem použil substrát FR-4. Na něj jsem aplikoval nízkoodporovou karbonovou pastu o čtyřech různých šířkách a to 0,2 mm, 0,5 mm 1,0 mm a 1,5 mm. Zkušební motiv jsem navrhl v demoverzi programu PADS Logic 2005. Tento program umožňuje detailní nastavení výstupních dat a je jednoduchý na obsluhu.

Na obrázku 7 je navržený zkušební obrazec pro výrobu pomocí fotolitografie. Pro výrobu byl použit negativní fotorezist, proto i předloha musela být negativní. Po nalaminování fotorezistu jsem ho osvětlil po dobu 18 vteřin, poté nechal vyvolat v 1% roztoku Na_2CO_3 , vyleptal v roztoku kyseliny chlorovodíkové s peroxidem vodíku naředěným vodou (v poměru 1:1:3).



Obr. 7 Zkušební obrazec (pozitivní návrh)

Na obrázku 8 je pozitivní návrh nepájivé masky, přes kterou byl nanášen vodivý inkoust.

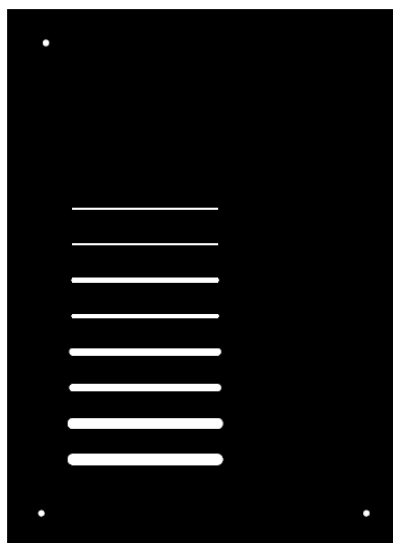
Použil jsem nepájivou masku Imagecure® XV501T-4, kterou jsem natiskl přes celou plochu zkušebního obrazce. Nechal vysušit v peci vyhřátě na 80 °C po dobu 15 min. Poté osvětlil, dobu expozice jsem nastavil na 85 sec., vyvolal a nechal vytvrdit v peci při teplotě 150 °C po dobu 60 min..



Obr. 8 Nepájivá maska (pozitivní návrh)

Na obrázku 9 je předloha pro výrobu síta na tisk vodivých propojek, síto bylo vyrobeno ve spolupráci s firmou ČeMeBo Blansko. Bylo použito síto dle doporučení výrobce pasty o počtu ok 44 – 77 T/cm.

Jako materiál vodivých propojek byla použita nízkoodporová karbonová vodivá pasta XZ302-1. Pastu jsem natiskl pomocí síta a nechal vytvrdit v peci při teplotě 150°C po dobu 60 min. Tisk nejužších propojů byl poměrně složitý. Po každém tisku jsem musel síto vyčistit, protože docházelo k zanesení síta.

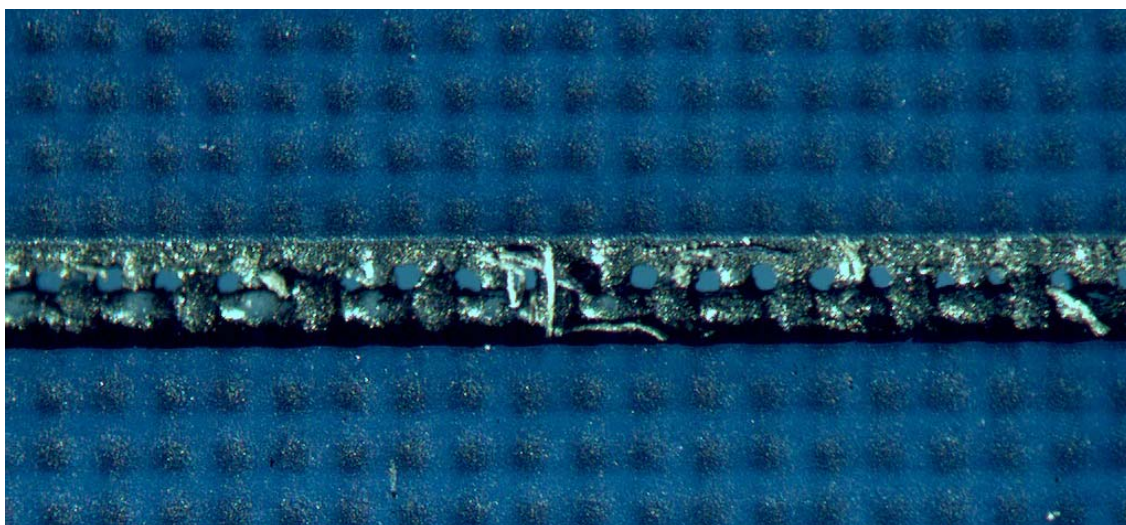


Obr. 9 Vodivé propojky (negativní návrh)

6.3 Optická zkouška

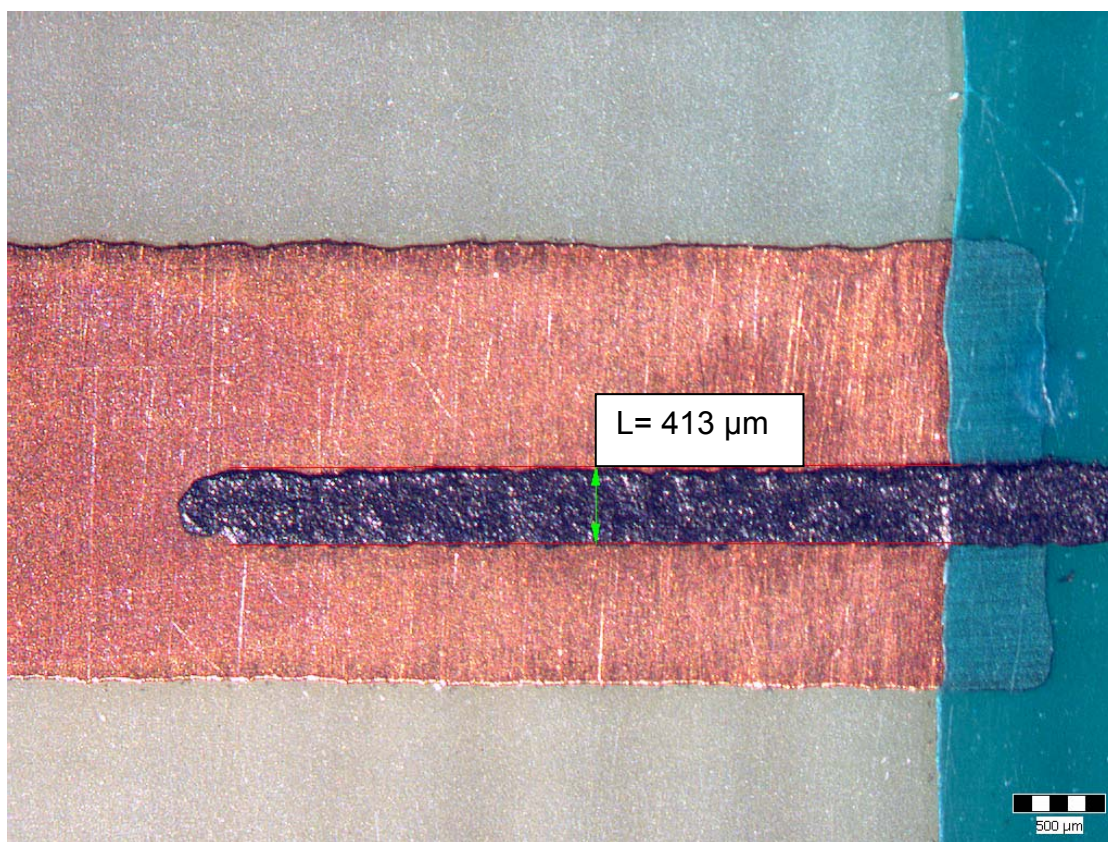
Účelem této zkoušky je celkové zhodnocení vzhledu desky a posouzení použitelnosti desky pro další experimenty. Zkouška je prováděna jako první, neboť při ní projeví nejvyšší procento závažných chyb, znemožňujících další použití desky.

Při optické zkoušce zkontrolujeme kvalitu nanesení a vytvrzení inkoustu, celkový vzhled, ostrost kresby, závady na nanesené masce, nečistoty atd. Můžeme použít i zvětšovací mikroskop, který odhalí drobné vady, které nejsou pouhým okem viditelné. Optickou zkouškou neprošla žádná propojka o šíři 0,2 mm z důvodu ucpávání otvorů v sítu. Na obrázku 10 je vidět propoj 0,2 mm na sítu při zvětšení.



Obr. 10 Ucpávání propoje 0,2 mm v sítu

Proto jsem se z důvodu kvality tisku obrazce rozhodl pro měření používat propoje od šíře 0,5 mm, Jejichž provedení bylo již v pořádku. Propoj 0,5 mm je znázorněn na obrázku 11.



Obr. 11 Propojka 0,5 mm

Tisk šířek vodivé propojky větší než 0,5 mm probíhal bez problémů s výjimkou přechodu vodivé pasty z měděné plošky na nepájivou masku, kde se v minimálním počtu případů vytvořila trhlina a tím i zúžení propojky.

6.4 Zkouška elektrických vlastností

Tato zkouška je zaměřena na určení elektrického odporu nanesených vodivých cest. Prostřednictvím této zkoušky se dají také vyhodnotit důsledky dalších zkoušek jako např. zkouška tepelného namáhání.

Zkouška byla provedena měřením čtyřbodovou stejnosměrnou metodou. Velkou předností této metody je její jednoduchost. Čtyři ostré hroty jsou přitlačeny na povrch měřeného vzorku. Dvěma krajními kontakty se přivádí do vzorku definovaný proud. Na vnitřních kontaktech měříme rozdíl potenciálu.

Toto měření bylo provedeno pomocí měřicího přístroje MULTIMETR M1T 291.

Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2 Přehled odporů jednotlivých propojek

Naměřené hodnoty odporu karbonových propojek								
šířka propojky [mm]	Vzorek 3 dva tisky Odpor [Ω]	Vzorek 4 dva tisky Odpor [Ω]	Vzorek 5 jeden tisk Odpor [Ω]	Vzorek 6 dva tisky Odpor [Ω]	Vzorek 7 jeden tisk Odpor [Ω]	Vzorek 8 dva tisky Odpor [Ω]	Vzorek 9 jeden tisk Odpor [Ω]	Vzorek 10 jeden tisk Odpor [Ω]
1,5	486,5	525,9	1055,6	534,0	578,6	563,7	1086,5	1047,9
1,5	524,7	538,9	752,4	535,7	583,0	555,7	955,6	1258,6
1,0	790,4	1055,6	1178,2	771,1	1048,8	1032,4	1290,1	1303,4
1,0	684,2	988,8	1013,1	759,4	1019,9	1040,2	1248,6	1627,9
0,5	1524,7	1746,6	1855,3	1711,8	1704,1	1777,2	1830,2	1959,6
0,5	1489,0	1789,3	1751,5	1645,2	2004,2	1734,6	1968,2	2018,7

Vlastnosti propojek se dají určit z odporu na čtverec R_{\square} , výrobce karbonové pasty udává $R_{\square} = 25 \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$. Mnou naměřené hodnoty odporu na čtverec jsou uvedeny v tabulce 3.

Příklad výpočtu R_{\square}

$$R_{\square} = R / (d / \text{š}) = 486,5 / (21 / 1,5) = 34,8 \Omega \cdot \text{mm}^2 \quad [1]$$

R_{\square} odpor na čtverec [$\Omega \cdot \text{mm}^2$]

R naměřená hodnota odporu [Ω]

d délka propoje [mm]

š šířka propoje [mm]

Tab. 3 Vypočtené hodnoty odporu na čtverec

Vypočtené hodnoty Odporu na čtverec vyrobených karbonových propojek								
šířka propojky [mm]	Vzorek 3 dva tisky Odpor [Ω]	Vzorek 4 dva tisky Odpor [Ω]	Vzorek 5 jeden tisk Odpor [Ω]	Vzorek 6 dva tisky Odpor [Ω]	Vzorek 7 jeden tisk Odpor [Ω]	Vzorek 8 dva tisky Odpor [Ω]	Vzorek 9 jeden tisk Odpor [Ω]	Vzorek 10 jeden tisk Odpor [Ω]
1,5	34,8	37,6	75,4	38,1	41,3	40,3	77,6	74,9
1,5	37,5	38,5	53,7	38,3	41,6	39,7	68,3	89,9
1,0	37,6	50,3	56,1	36,7	49,9	49,2	61,4	62,1
1,0	32,6	47,1	48,2	36,2	48,6	49,5	59,5	77,5
0,5	36,3	41,6	44,2	40,8	40,6	42,3	43,6	46,7
0,5	35,5	42,6	41,7	39,2	47,7	41,3	46,9	48,1

V tabulce 4 jsou uvedeny průměrné hodnoty dosažené při tisku karbonové pasty na jednotlivých šířkách propojek.

Tab. 4 Průměrné hodnoty

šířka propojky [mm]	Průměrná hodnota odporu [Ω]	Průměrný hodnota odporu na čtverec [Ω*mm ²]
1,5	724,0	51,7
1,0	1053,3	50,2
0,5	1781,9	42,4

6.5 Zkouška povrchové tvrdosti

Zkouška slouží k orientačnímu posouzení tvrdosti povrchu vytvrzeného inkoustu. Tím nepřímo udává i schopnost vrstvy odolávat mechanickému oděru.

Zkoušku tvrdosti jsem prováděl pomocí tužek různé tvrdosti. Postupně jsem se snažil vytvořit do povrchu vryp. Tužku jsem vždy držel po úhlem 45° ke zkoušenému povrchu. Abych dosáhl jasně definovaného tlaku, umístil jsem vzorek na digitální váhu. Při každém testu jsem přitlačil tužkou na testovaný vzorek konstantní silou. Postupně jsem testoval vzorek tužkami tvrdostí 2H, 3H, 4H, 5H, 6H a 7H. Při testu se mi do motivu nepodařilo vytvořit vryp tužkou tvrdostí 7H a to ani zvýšeným tlakem. Povrchová tvrdost testované pasty je tudíž větší než 7H.

6.6 Zkouška tepelným namáháním

Účelem této zkoušky je posoudit schopnost vzorku DPS se zkušebním motivem odolávat opakovanému tepelnému namáhání.

Nejprve jsem vzorek vystavil teplotě 200 °C po dobu 20 min., nechal zchladnout na pokojovou teplotu.

Poté jsem vzorky podrobil cyklickému tepelnému namáhání. Zahříval jsem je v peci na teplotu 200 °C a poté je nechal rychle zchladnout ve vodě o teplotě přibližně 10 °C. Tento postup jsem opakoval 10 krát. Poté změřil čtyřbodovou metodou. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.

Vzorek zahříváním ztmaví, což bylo způsobeno vlivem vysoké teploty na pojivo základního materiálu FR-4.

Tab. 5 Zkouška tepelným namáháním

šířka propojky [mm]	Vzorek 1 jeden tisk Odpor [Ω]
1,5	202,6
1,5	256,8
1,0	365,2
1,0	377,3
0,5	657,5
0,5	638,9

Z tabulky 4 je zřejmé, že odpor jednotlivých propojek se snížil zhruba 3 krát. Z čehož vyplývá, že tyto karbonové propoje by neměli být používány v zařízeních a prostředích s velkými výkyvy teplot.

6.7 Zkouška působení demineralizované vody

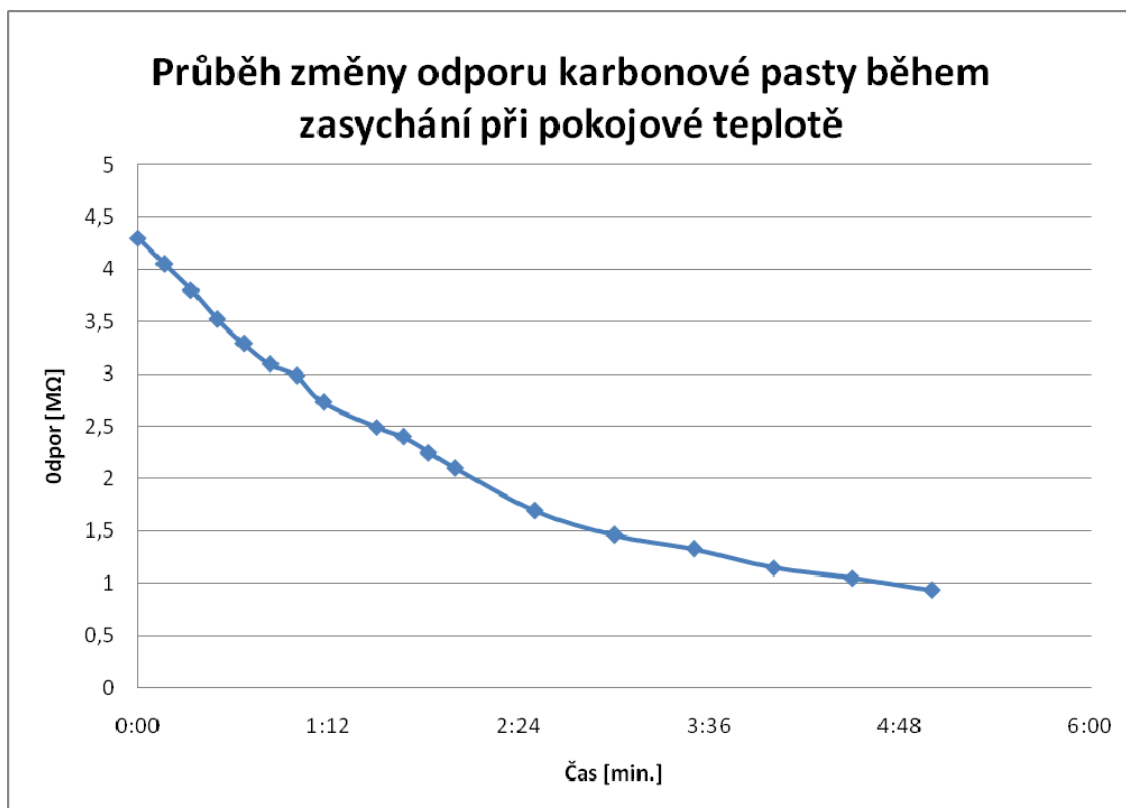
Test jsem provedl v demineralizované vodě. Vzorky jsem vystavil působení demineralizované vody po dobu 24 hodin při pokojové teplotě. Nechal vzorky vysoušet v peci po dobu 60 min. při teplotě 60 °C.

Poté jsem vzorky vyjmul z pece a nechal je ustálit na pokojovou teplotu po dobu 30 min. a změřil změnu jejich elektrických vlastností pomocí čtyřbodové metody.

Změna elektrických vlastností se působením demineralizované vody při měření čtyřbodovou metodou neprojevila.

6.8 Změna odporu při zasychání

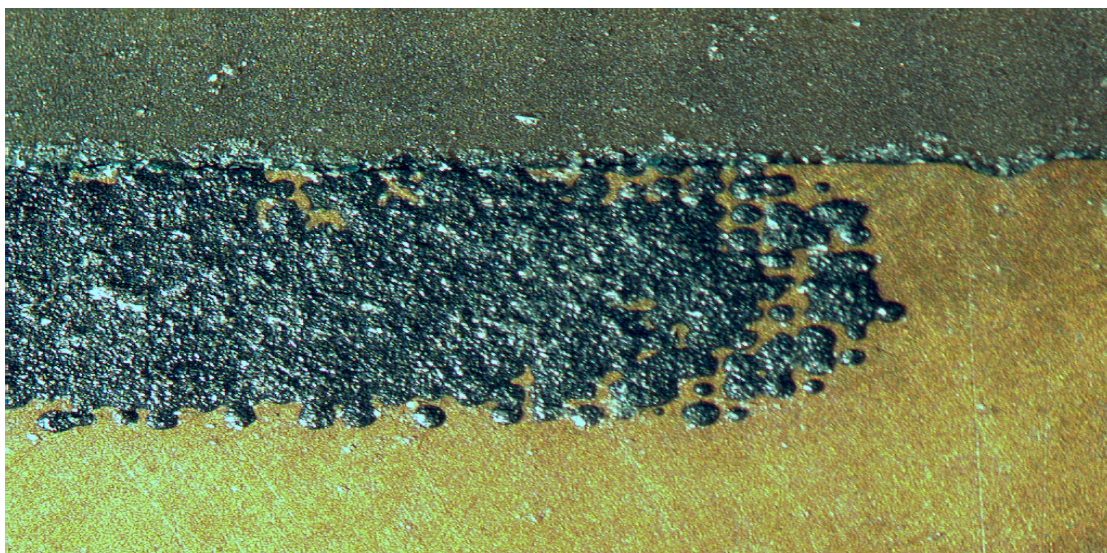
Změna odporu při zasychání byla měřena zhruba 5 min. po natisknutí karbonové pasty na propojce šíře 1,5 mm. Jak je z grafu na obrázku 12 zřetelné, dochází k exponenciálnímu poklesu odporu při zasychání.



Obr. 12 Průběh změny odporu při zasychání pasty

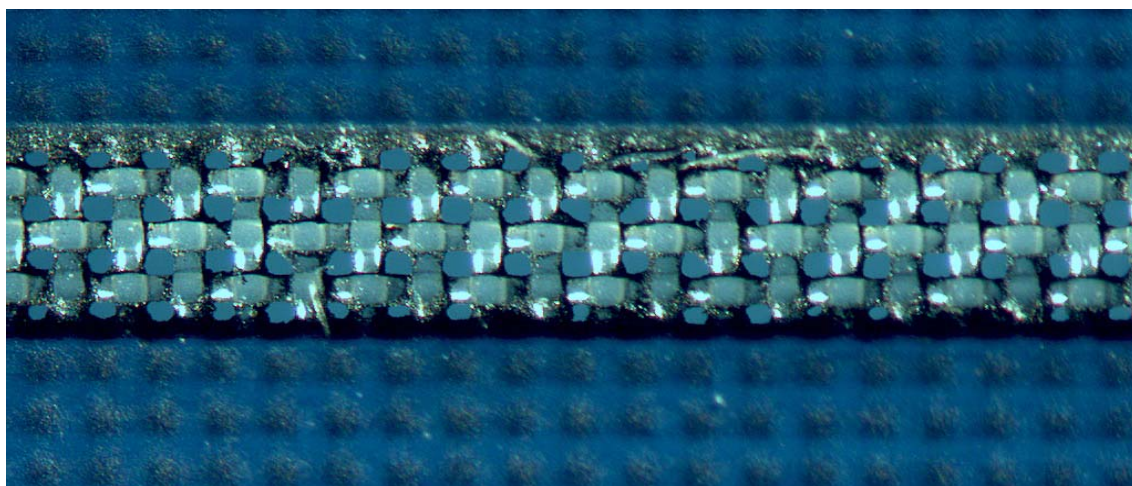
6.9 Vady způsobené nekvalitním tiskem

Při tisku docházelo k zasychání karbonové pasty v sítu. Tím se síto ucpávalo a docházelo k nedotisknutí detailů. Na obrázku 13 je vidět nedotisknutí propoje, tím se snižuje jejich celková vodivost.



Obr. 13 Chybný tisk karbonové pasty

Na obrázku 14 jsou vidět zřetelně ucpaná oka síta, což způsobuje problémy znázorněné na obrázku 13.



Obr. 14 Ucpaná oka síta

6.10 Zkouška pájitelnosti

Při této zkoušce jsem se pokusil nanést pájku na povrch vytvořený karbonovou pastou. K této zkoušce jsem použil ruční mikropájku s nastavitelnou teplotou hrotu a trubičkovou pájku Sn62Pd36Ag2, tavidlo ROL0 (1,1 hmotnostního procenta) průměr 0,7 mm a přidával jsem prstovité tavidlo typ 6516 (ROL0). Karbonová pasta se při tomto testu jevila jako zcela nesmáčivá.

7. Závěr

Tato práce je určena k seznámení s realizací druhé vodivé vrstvy na jednovrstvé DPS. Zabývá se teoretickým popisem materiálů a jejich vhodnosti pro výrobu. Problematika je řešena na organickém substrátu FR-4 a technologické zkoušky by měly sloužit jako východisko pro aplikaci vodivých past na struktuře IMS.

Ve své práci jsem se zaměřil a prakticky odzkoušel nanášení vodivé pasty sítotiskem. Jak je z práce zřejmé, tato technologie se nehodí při výrobě vodivých propojek s šířkou menší než 0,5 mm. Pro tisk menších rozměrů než 0,5 mm bych doporučil použití šablony pro tisk vodivé pasty. Karbonovou pastu bych také nedoporučoval používat v prostředích a zařízeních s vysokou pracovní teplotou, neboť použitá karbonová pasta mění své vlastnosti působením tepla.

Tato technologie je v současnosti málo používaná, proto by tato práce mohla mít význam i pro firmy zabývající se průmyslovou výrobou DPS a speciálními aplikacemi. Práce je určena zejména pro technology, kteří chtějí využít vodivé pasty pro řešení specifických technologických úloh, kde se běžný způsob výroby DPS jeví jako ne zrovna optimální.

Myslím, že tento typ aplikace vodivé pasty je v současné době aktuální, zejména ve vazbě na IMS struktury a vhodný k dalšímu podrobnějšímu zpracování.

8. Použitá literatura

- [1] Ing. Jiří Starý Ph.D., Ing. Petr Kahle: Plošné spoje a povrchová montáž, Skriptum VUT Brno.
- [2] ČSN EN61189 – 3: Zkušební metody pro elektrotechnické materiály propojovací struktury a sestavy. Český normalizační institut 1997
- [3] Doc. Ing. Ivan Szendiuch, CSc.: Základy technologie mikroelektronických obvodů a systémů, VUTIUM Brno, 2006
- [4] Britrade <http://www.britrade.cz>
- [5] HW Server s.r.o. <http://www.hw.cz>
- [6] Interconti <http://www.inter-conti.cz>
- [7] SC Servis Centrum <http://www.sc-brno.cz>

9. Seznam zkratek

CEM-1	C omposite E poxy M aterial	Laminát vyrobený s papírovým jádrem
DPS	D eska P lošných S pojů	
FR-2	F lame R etardant	Nehořlavý materiál
FR-3	F lame R etardant	Nehořlavý materiál
FR-4	F lame R etardant	Nehořlavý materiál
HAL	H ot A ir L eveling	Žárově nanášená vrstva
IMS	I nsulated M etalic S ubstrate	Izolovaný kovový substrát
LCD	L iquid C rystal D isplay	Displej z tekutých krystalů
LED	L ight- E mitting D iode	Elektroluminiscenční dioda
NC	N umerical C ontrol	Digitálně řízený
OSP	O rganic S urface P rotective	Ochranný pájecí povlak
SMD	S urface M ount D evice	Součástka pro povrchovou montáž
SSD	S olid S older D eposition	Nanášení rovného povrchu krytého pájkou

10. Přílohy

10.1 Materiál nepájivé masky Imagecure® XV501T-4



IMAGECURE®

XV501T-4 pro sítotisk

PŘEHLED VÝROBKŮ

Imagecure ^R XV501T-4 Gloss Clear Screen Resist lesklý čirý sítotiskový základ	CAWN1176
Imagecure ^R XV501T-4 Semi Matt Clear Screen Resist polomatný čirý sítotiskový základ	CAWN1178
Imagecure ^R XV501T-4 Matt Clear Screen Resist matný čirý sítotiskový základ	CAWN1179
Imagecure ^R XV501T-4 Extra Matt Clear Screen Resist extra matný čirý sítotiskový základ	CAWN1197
Imagecure ^R XV501T-4 Green Screen Hardener zelený sítotiskový katalyzátor	CAWN1177
Imagecure ^R XV501T-4 Yellow Green Screen Hardener žlutozelený sítotiskový katalyzátor	CKXN0099
Imagecure ^R XV501T-4 Dark Green Screen Hardener tmavě zelený sítotiskový katalyzátor	CKXN0104

VLASTNOSTI BAREV

Produkt	XV501T-4 základ	XV501T-4 katalyzátor
Hustota	130-140 Poise (lesklý) 165-175 Poise (polomatný) 140-150 Poise (matný) 140-150 Poise (extra matný)	85-100 Poise (zelený) 85-100 Poise (žlutozelený) 85-100 Poise (tmavozelený)
Teplota vzplanutí	86°C	86°C
Měrná hmotnost	1,37 (lesklý) 1,35 (polomatný) 1,28 (matný) 1,28 (extra matný)	1,57 (zelený) 1,57 (žlutozelený) 1,57 (tmavozelený)
Obsah netěkavých látek (v dodávaném stavu)		76%
Obsah organických těkavých látek (VOC)		390-400 g/l
Obsah VOC ve stavu ředěném pro použití		410-420 g/l

FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

Odolnost pájce	MILP55110 IPC SM840B		30s při 288°C 10s při 260°C
Odolnost pájení vlnou			> 5 průchodů
Odolnost tavidlům	IPC SM840B		splňuje
Bezproudové pokovení Ni/Au			splňuje
Tvrdost povrchu - tužkou	PC SM840B		splňuje
Odolnost otěru	IPC SM840B	Třída III	splňuje

FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI - pokračování

Hydrolytická stabilita	IPC SM840B	Třída III	splňuje
Odolnost ředidlům, čistícím prostředkům a tavidlům	IPC SM840B		splňuje
Odolnost vlhkosti a plísni	IPC SM840B		splňuje
Tepelné testy	IPC SM840B MIL 551100 MIL STD202E BS6096 Testy	Třída III	splňuje splňuje splňuje splňuje
Hořlavost	UL94VO		stupeň (reg. č. E83564)

Odolnost:

IPA	> 1 hod.
1,1,1 Trichlorethan	> 1 hod.
MEK	> 1 hod.
Methylene chlorid	> 1 hod.
Alkalické detergenty	> 1 hod.
Tavidla	> 1 hod.

Přilnavost:

k mědi	IPC SM840B	Třída III	Splňuje
k cín/olovo	IPC SM840B	Třída III	Splňuje
Ionická kontaminace	MILP55110D		< 0,3 ug NaCl/cm ² (s použitím Alfa ionografu 500M)

ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI

Bellcore	TR-NWT000078		Splňuje
Izolační odpor	IPC SM840B	Třída III	Splňuje
Vlhkost a izolační odpor	IPC SM840B	Třída III	Splňuje
Elektromigrace	IPC SM840B	Třída III	Splňuje
Comparative Tracking Index	(CTI) IEC112		> 600
Siemens E - korozivní Splňuje test	SN 57030		
Dielektrická pevnost (50 Hz) 20-S-hodnota	IPC SM840B DIN53481		100 kV/mm

Doložka

Tyto informace byly pečlivě sestaveny na základě praktických zkušeností a důkladných laboratorních testů. Přesto vlastnosti výrobků a jejich vhodnost pro konkrétní aplikaci zákazníka závisí na podmínkách použití materiálu pro potisk. Doporučujeme, aby si zákazníci sami ověřili, zda výrobek splní všechny jejich požadavky před nasazením do výroby. Vzhledem k tomu, že nemůžeme předvídat, ani kontrolovat podmínky, za nichž jsou naše výrobky používány, není tudíž možné zaručit jejich výkon. Podmínky prodeje se řídí našimi standardními obchodními pravidly. Tato specifikace platí pro výše uvedené produkty Imagecure^R XV501T-4. Další technické a technologické informace jsou uvedeny v technickém listu č. T042/3.

10.2 Nízkoodporová karbonová vodivá pasta XZ302-1



T e c h n i c k é i n f o r m a c e

NÍZKODPOROVÁ KARBONOVÁ VODIVÁ PASTA XZ302-1

Popis výrobku

Vodivá pasta COATES XZ302-1 je formulována jako sítotiskem nanášený vodivý povlak pro tisk na měděných plochách, jako náhrada za drahý proces zlacení kontaktů a konektorů.

XZ302-1 má dobrou vodivost a lze ji použít pro tisk propojek na DPS místo pájených drátěných propojek.

XZ302-1 byla vyvinuta tak, aby dosáhla typického přechodového odporu < 100 Ohm na čtverec, specifikovaného pro obvody spínané tlačítkem s grafitovou kapslí, s životností až 1 milion cyklů.

Vodivá pasta XZ302-1 vytváří tvrdý odolný film, který lze aplikovat na různé typy podkladů a který je kompatibilní s odstranitelným rezistem jako COATES XZ93-S.

XZ302-1 je k dispozici v řadě modifikací hustot, aby byly pokryty požadavky širokého spektra aplikací. Pro výběr vhodného produktu konzultujte s místním zástupcem Coates, který doporučí odpovídající produkt.

Typické vlastnosti

Pigment:	Karbon/Grafit
Plnidlo:	teplem tvrzený rezin
Obsah sušiny:	64%
Měrná hmotnost:	1,15
Krytí :	cca. 25 m ² /kg (při sítu 62 T/cm)

Plošný odpor : cca 25 Ohm/čtverec při tloušťce vytvrzené
vrstvy 15 μm

Tyto údaje jsou pouze informativní a netvoří specifikaci.

Sítotisk

Vodivou pastu COATES XZ302-1 lze aplikovat na ručních, poloautomatických i automatických sítotiskových strojích.

Síta

Vodivost vrstvy se řídí v širokém rozsahu tloušťkou nanášené vrstvy. Doporučujeme použít monofilní síta 49-77 T/cm.

Čištění povrchu

K dosažení dobrých elektrických vlastností a přilnavosti mezi XZ302-1 a mědí je nutné aby povrch byl zbaven všech kontaminačních částic.

Přítomnost prachu, oxidů, organických povlaků a reziduí, intermetalických vrstev bude mít škodlivý vliv.

Ředění

XZ302-1 se dodává jako jednosložková pasta a pro většinu aplikací ji lze přímo použít bez ředění. Pokud je ředění nezbytné, doporučujeme přidat minimální množství ředidla COATES XZ42.

Upozorňujeme, že vodivá pasta COATES XZ302-1 má tendenci časem tuhnout, ale potřebná hustota se rychle obnoví po rozmíchání nebo během tisku.

Čištění

K čištění lze použít čistič XZ46 nebo univerzální čistič sít 11-00.

Vzhledem k tomu, že karbonová pasta XZ302-1 je vytvrzována, je velmi obtížné ji po vytvrzení odstranit. Doporučujeme tedy důkladnou kontrolu tisku na deskách před vytvrzením. XZ302-1 lze před vytvrzením odstranit čističem XZ46 nebo 11-00.

Vytvrzení

Barva se vytvrzuje při teplotě 150°C po dobu 60 min.

Chemická odolnost

V případě nedostatečného vytvrzení lze sice dosáhnout požadovaných elektrických vlastností, ale materiál nemusí mít dostatečnou odolnost při dalším zpracování desky, jako je přetisk dalšími barvami nebo čištění rozpouštědly, což může změnit výsledné elektrické vlastnosti.

Plně vytvrzený tisk odolá 200 otěrům bavlněným materiálem napuštěným v metylen chloridu, může však docházet k jemnému otěru pigmentu.

Mechanická odolnost

Plně vytvrzená pasta XZ302-1 dává tvrdou vrstvu s dobrou přilnavostí a odolností proti mechanickému otěru.

Skladování

Při skladování v uzavřeném kontejneru, na chladném a suchém místě (10-25°C) je doba skladování 1 rok. Skladování při nižších teplotách v chladícím boxu se projeví vyšší stabilitou vlastností materiálu.

Balení

XZ302-1HV	Nízkoodporová karbonová pasta	1 kg	CHSN8032
vyšší hustoty			
XZ302-1MV	Nízkoodporová karbonová pasta	1 kg	CHSN8033
XZ302-1LV	Nízkoodporová karbonová pasta	1 kg	CHSN8034
nižší hustoty			
XZ42	Ředidlo	5 l	CDSN4004
XZ46	Čistič sít	5 l	CDSN4008
11-00	Univerzální čistič sít	5 l	CDSN4000

Bezpečnostní opatření

XZ302-1 jsou speciálně konstruovány tak, aby nepodléhaly předpisům o vysoce hořlavých látkách z r. 1972.

Detailní údaje o bezpečnosti zdraví a při práci jsou na vyžádání k dispozici

Doložka

Tyto informace byly pečlivě sestaveny na základě praktických zkušeností a důkladných laboratorních testů. Přesto vlastnosti výrobků a jejich vhodnost pro konkrétní aplikaci zákazníka závisí na podmínkách použití materiálu pro potisk. Doporučujeme, aby si zákazníci sami ověřili, zda výrobek splní všechny jejich požadavky před nasazením do výroby. Vzhledem k tomu, že nemůžeme předvídat, ani kontrolovat podmínky, za nichž jsou naše výrobky používány, není tudíž možné zaručit jejich výkon. Podmínky prodeje se řídí našimi standardními obchodními pravidly.